

可再生能源应用对建筑运行碳排放控制的影响分析

朱恬岚

浙江联泰建筑节能科技有限公司 浙江 杭州 310012

摘要: 本文旨在探讨可再生能源应用对建筑运行碳排放控制的影响。选取了浙江省内某会展建筑作为案例,通过定量与定性相结合的研究方法,评估了太阳能、空气能的整合应用策略对减少建筑运营阶段碳排放的实际成效。

关键词: 建筑运行碳排放; 可再生能源利用; 碳排放降低

1 引言

1.1 中国建筑碳排放现状

建筑碳排放是指在建筑物的整个生命周期中,由于能源消耗和材料使用而产生的温室气体排放。建筑碳排放是我国温室气体排放的主要排放源之一^[1],包含直接碳排放、间接碳排放、建材生产碳排放、建筑施工碳排放、建筑运行碳排放。《2023中国建筑与城市基础设施碳排放研究报告》指出,2021年全国房屋建筑全过程碳排放总量为40.7亿吨CO₂,占全国能源相关碳排放的比重为38.2%。其中,建筑运行阶段碳排放23.0亿吨CO₂,占56.6%^[2]。

1.2 可再生能源在建筑设计中的应用

在社会发展需求以及国家“双碳”战略目标的推动下,低碳排放已成为高品质绿色建筑亟待解决的关键问题。

绿色建筑是在全寿命期内节约资源,保护环境,减少污染,为人们提供健康、适用、高效的使用空间,最大限度地实现人与自然和谐共生的高质量建筑。绿色建筑的理念不仅仅局限于建筑本身,而是涵盖了从设计、施工到运营的全过程,强调建筑与环境的和谐共生,以及资源的可持续利用。

在绿色建筑设计中,可再生能源的运用对于减少不可再生能源消耗、降低建筑运行过程中的碳排放、以及缓解生态环境压力具有显著作用。

1.3 本文研究目的

为了更直观地展现这些技术的节能效益,我们需要通过详尽的数据收集与分析,来具体量化它们在减少能源消耗、降低碳排放等方面的实际贡献。这不仅有助于我们更深入地理解这些技术的实际应用效果,还能为绿色建筑设计的进一步优化提供有力的数据支撑,推动绿色建筑事业的持续发展。

本文采用的主要研究方法为以实际节能评估项目为例,基于建筑运行数据、能耗预测、标准规范等资源,量化分析可再生能源利用下的建筑碳排放降低幅度,从而分析出可再生能源应用在绿色建筑设计中对建筑运行

碳排放控制的影响。

2 碳排放计算方法

2.1 碳排放因子法

碳排放因子法是依照碳排放清单列表,针对每一种排放源构造其活动数据与排放因子(Emission Factor),以活动数据和排放因子的乘积作为该排放项目的碳排放量估算值。该方法是国内外应用最广、文献研究最多的方法,同时也是国家标准GB/T51366-2019《建筑碳排放计算标准》规定的建筑设计阶段应采用的计算方法。结合浙江省工程建设标准《民用建筑项目节能评估技术规程》DBJ33/T 1288-2022(以下简称《规程》)的要求,建筑运行碳排放计算范围应包含在建筑运行期间供暖和空调、通风、照明、插座、电梯、生活给水、生活热水、变压器损耗、炊事燃料的能源消耗量和碳排放量以及可再生能源系统产生能源量与碳排放减少量^[4]。

2.2 建筑运行碳排放

2.2.1 建筑运行碳排放量计算

建筑运行碳排放量和运行碳排放强度应按式(1)~(3)计算:

$$C = \sum_{i=1}^n (E_i \times EF_i) \quad \text{式(1)}$$

$$E_i = \sum_{j=1}^n (E_{i,j} - ER_{i,j}) \quad \text{式(2)}$$

$$C_A = \frac{C}{S} \quad \text{式(3)}$$

式中, C——建筑运行碳排放量(kg CO₂/a);

E_i——第i类能源年消耗量(单位/a);

EF_i——第i类能源的碳排放因子;

E_{i,j}——不含可再生能源系统提供能源量的j类系统的第i类能源年消耗量(单位/a);

ER_{i,j}——j类系统消耗由可再生能源系统提供的第i类年能源量(单位/a);

2.2.2 可再生能源系统碳排放量计算

2.2.2.1 空气源热泵热水系统

空气源热泵热水系统的可再生能源综合利用量核算

值取（4）和式（5）计算的较小值：

$$Q_{Lk} = B_k \times q_r \times S \times D_a \quad \text{式（4）}$$

$$Q_{Lk} = B_{ks} \times W_k \times T \times D_a \quad \text{式（5）}$$

式中， q_r —— 热水平均日用水定额[L/(人·d)]或[L/(床·d)]；

S —— 用水计算单位数，人数或床位数；

D_a —— 年用水天数，公共建筑按项目运行天数选取（d/a）；

W_k —— 空气源热泵机组的输入功率（kW）；

T —— 机组每天运行时间（h/d）；

B_k —— 空气源热泵热水系统可再生能源利用量热量算法核算系数，取值 0.0068kWh/L；

B_{ks} —— 空气源热泵热水系统可再生能源综合利用量输入功率算法核算系数，取值0.42kW/kW。

生活热水全年用电能耗按式（6）计算：

$$Eh_q = k \times Q_a \times 4.187 \times \rho \times \frac{\Delta T}{EER} / 3600 \quad \text{式（6）}$$

式中， ΔT —— 生活热水加热温差，取45℃；

ρ —— 水的密度，103kg/m³；

EER —— 加热设备的效率，电热水器取0.98；空气源热泵全年平均值取2.5；

Q_a —— 生活热水年用水量，m³；

k —— 考虑系统热损耗的附加系数，集中热水供应系统取1.2，局部热水供应系统取1.0。

2.2.2.2 太阳能光伏系统

太阳能光伏发电系统的可再生能源综合利用量按式（7）计算：

$$Q_{Lp} = B_p \times K_p \times A_p \quad \text{式（7）}$$

式中， B_p —— 光伏组件水平安装时的单位面积年预测发电量，kWh/(m²·a)；

K_p —— 光伏组件的倾角和方位角修正系数；

A_p —— 光伏组件的总面积，m²。

3 可再生能源应用案例分析

为体现可再生能源在建筑运行中的减碳效果，以下案例中建筑碳排放计算的设计建筑和基准建筑常规设计均保持一致，即能耗不变。

3.1 项目概况

以浙江省某会展中心项目为例，项目总建筑面积为122438.4m²，其中地上建筑面积68378.52m²，地下建筑面

积54059.88m²。项目功能为展览、会议、配套商业、配套办公等。

可再生能源应用：

地下室职工食堂、二层食堂设置空气源热泵热水系统，主要设备含循环式热泵主机4台，热泵额定输入功率：36.3kW，COP值为4.4。

建筑屋顶布置单晶硅光伏组件面积共计3000平方米，装机容量约为390KW，可直接实现并网发电。

3.2 基准建筑运行阶段碳排放计算

根据项目实际设计情况，建筑各类用能系统能耗按照《规程》及《建筑碳排放计算标准》中相应碳排放公式进行计算可得：

本项目在使用常规能源即未使用可再生能源情况下的建筑分类能耗如下：

表3.2 项目各种能源年用量统计表（不含可再生能源系统）

能耗类别	年运行等价电耗(kwh/a)/(TJ/a)/(TJ/人·a)	能源形式	碳排放因子(kgCO ₂ /单位)	年运行碳排放量(kgCO ₂ /a)	单位面积年运行碳排放量(kgCO ₂ /m ² ·a)
供暖空调	3404438.36	电	0.581	1977978.69	16.15
	7.14	天然气	55540(1)	396555.60	3.24
通风系统	707713.10	电	0.581	411181.31	3.36
照明	3918655.43	电	0.581	2276738.80	18.59
插座	3314868.95	电	0.581	1925938.86	15.73
生活给水	9050.08	电	0.581	5258.10	0.04
变压器损耗	206180.18	电	0.581	119790.68	0.98
生活热水	816680.76	电	0.581	474491.52	3.88
电梯	976146.88	电	0.581	567141.34	4.63
炊事燃料	0.32	天然气	55540	17772.80	0.15
合计				8172847.70	66.75

注：（1）数据取值来源于国家标准《建筑碳排放计算标准》GB/T 51366-2019

3.3 可再生能源碳排放计算

3.3.1 太阳能光伏系统

根据式（7），太阳能光伏发电系统的可再生能源综合利用量为：

$$Q_{Lp} = B_p \times K_p \times A_p = 194 \times 1.0000 \times 3000 = 582000.00 \text{ kWh/a}$$

3.3.2 空气源热泵热水系统

项目用水天数为365天，机组运行时间为每日8小时。

根据式（4）~（6）可得：

表3.3.2-1 气源热泵热水系统的可再生能源综合利用量表

用水项目	使用人数或单位数S	平均日热水用水定额qr	机组输入功率kW	热量算法kwh	输入功率算法kwh	空气源利用量kwh
员工食堂	200	7	145.2	103985.87	178073.28	103985.87
会议餐厅	5062	8				

续表：

用水项目	使用人数或单位数S	平均日热水用水定额qr	机组输入功率kW	热量量计算法kwh	输入功率计算法kwh	空气源利用量kwh
空气源合计						103985.87

表3.3.2-2 空气源热泵热水系统的用电能耗计算表

用水单位	生活热水年用水量Qa（m³/a）	生活热水加热计算全年用电能耗kWh	可再生能源利用设计实际理论 节能量kWh	实际热水能耗kWh
员工食堂	511.00	12837.34	103985.87	280180.76
会议餐厅	14781.04	371329.29		
合计	15292.04	384166.63	103985.87	280180.76

3.4 设计建筑运行阶段碳排放计算

本项目在使用可再生能源情况下的建筑分类能耗如下：

表3.4 项目各种能源年用量统计表（含可再生能源系统）

能耗类别	年运行等价电耗(kwh/a)/ (TJ/a)/（ TJ/人·a）	能源形式	碳排放因子(kgCO ₂ /单位)	年运行碳排放量 (kgCO ₂ /a)	单位面积年运行碳排放量 (kgCO ₂ /(m ² .a))
供暖空调	3404438.36	电	0.581	1977978.69	16.15
	7.14	天然气	55540	396555.60	3.24
通风系统	707713.10	电	0.581	411181.31	3.36
照明	3918655.43	电	0.581	2276738.80	18.59
插座	3314868.95	电	0.581	1925938.86	15.73
生活给水	9050.08	电	0.581	5258.10	0.04
变压器损耗	206180.18	电	0.581	119790.68	0.98
生活热水	280181.26	电	0.581	162785.31	1.33
电梯	976146.88	电	0.581	567141.34	4.63
炊事燃料	0.32	天然气	55540	17772.80	0.15
合计				7861141.49	64.20
光伏发电	582000	电	0.581	338142.00	6.78

3.5 建筑运行阶段碳排放量比较

建筑设计采用可再生能源应用时，建筑运行碳排放降低情况如下：

1）太阳能光伏系统应用对建筑碳排放降低的贡献

本项目光伏板安装面积约3000平方米，装机容量约为390KW，光伏系统的应用使得单位面积建筑运行碳排放降幅达到6.78kg CO₂/m²，建筑运行总碳排放量降低338.14tCO₂。

2）空气源热泵热水系统应用对建筑碳排放降低的贡献

本项目共设置4台功率为36.3kW，COP为4.4的空气源热泵机组，空气源热泵热水系统的应用使得单位面积建筑运行碳排放降幅达到2.55kg CO₂/m²，建筑运行总碳排放量降低311.71tCO₂。

结论

经过对上述案例能耗数据的分析，我们发现，在将

空气源热泵热水系统、太阳能光伏应用等可再生能源解决方案与传统能源使用模式下的碳排放强度进行对比后，结果清晰地表明可再生能源的应用能够有效地降低建筑运营过程中的碳排放强度。

鉴于此，深化可再生能源技术在绿色建筑项目中的实际应用研究，并强化数据收集与分析工作，无疑将成为推动未来绿色建筑领域发展的关键要素。

参考文献

[1]刘昭,邓云峰,王晓涛,等.国内外建筑生命周期碳排放评价研究进展[J].气候变化研究快报, 2013, 2(3): 121-127. <http://dx.doi.org/10.12677/CCRL.2013.23020>

[2]中国建筑节能协会.2023中国建筑与城市基础设施碳排放研究报告[报告].中国建筑节能协会. <http://www.jzlj.org.cn/Item/Show.asp?m=1&d=9737>